



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **60142607 A**(43) Date of publication of application: **27.07.85**

(51) Int. Cl

**H03H 9/17**(21) Application number: **58246768**(22) Date of filing: **29.12.83**(71) Applicant: **NEC CORP**(72) Inventor: **HOSHINO SHIGEKI  
MIYASAKA YOICHI**(54) **PIEZOELECTRIC THIN FILM COMPOSITE  
OSCILLATOR**

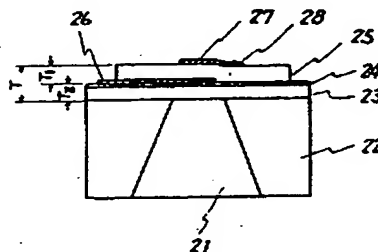
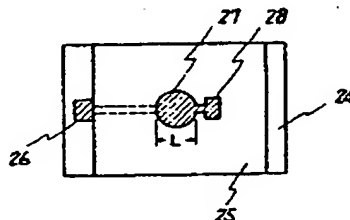
obtained.

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&amp;Japio

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a composite oscillator which is free of spurious response and has excellent characteristics by specifying the thickness ratio between a piezoelectric thin film and a silicon diaphragm and the ratio between the overall thickness and electrode size.

**CONSTITUTION:** The thickness of the ZnO piezoelectric thin film 25 is denoted as  $T_1$ , and the thickness of the thin layer part of the silicon diaphragm consisting of a silicon thin film 23 and an  $\text{SiO}_2$  thin film 24 by doping boron to high concentration is denoted as  $T_2$ ; and the overall thickness of an oscillation part of multilayer structure is  $T$  and the diameter of an upper electrode 27 on the oscillation position is  $L$ . Then when their ratios are substituted by  $X=T_2/T_1$  and  $Y=L/T$  so that  $Y \geq 210X^2 - 20X + 8.2$  (where  $0 < X \leq 0.7$ ) and  $Y \geq 210.3X + 4.4$  (where  $0.7 < X < 3.0$ ), maximum electrode size which does not excite an in-harmonic overtone as spurious response is obtained and excellent characteristics having an oscillation component only near an electrode are



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-142607

⑮ Int. Cl.

H 03 H 9/17

識別記号

庁内整理番号

7190-5J

⑬ 公開 昭和60年(1985)7月27日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 圧電薄膜複合振動子

⑯ 特 願 昭58-246768

⑰ 出 願 昭58(1983)12月29日

⑱ 発 明 者 星 野 茂 樹 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑲ 発 明 者 宮 坂 洋 一 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
⑳ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号  
㉑ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

# 明 細 書

発明の名称 圧電薄膜複合振動子

## 特許請求の範囲

シリコン・ダイアフラムの薄層上に絶縁薄膜、電極、ZnO圧電薄膜、電極の順で積層された構造の振動部位をもち、その周縁部をシリコン基板によって支持された厚み振動圧電複合振動子において、ZnO薄膜の厚さを $T_1$ 、シリコン・ダイアフラムの薄層部の厚さを $T_2$ 、多層構造の振動部位全体の厚さを $T$ とし、さらに前記振動部位上の上部電極は円形であり、その直径を $L$ とし、ZnO薄膜とシリコン・ダイアフラムとの厚さの比 $T_2/T_1$ を $X$ 、全体の厚さと円形電極の直径の比 $L/T$ を $Y$ と置き換えたときに、 $X$ と $Y$ が次式

$$Y \leq 10X^2 - 20X + 8.2 \quad (\text{ただし } 0 < X \leq 0.7)$$

$$Y \leq 10.3X + 4.4 \quad (\text{ただし } 0.7 < X < 3.0)$$

となる関係を有することを特徴とする圧電薄膜複合振動子。

(1)

## 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は圧電薄膜を用いたVHF, UHF用高周波圧電振動子に関し、特にシリコン・ダイアフラムと圧電薄膜との組み合わせからなる複合構造の振動部位を有する圧電薄膜振動子に関するものである。

(従来技術)

一般に、高周波領域で使用される圧電振動子は振動モードとして板面が厚さに比べて十分広い圧電性薄板の厚み振動が用いられている。

厚み振動の共振周波数は圧電性薄板の厚さに反比例するので高周波帯で使用するためには厚さを薄くしなければならないが、厚さが40ミクロン程度以下になると平行平面研磨などの加工が非常に困難となる。

振動部分の厚さを薄くして50MHz以上の厚み振動圧電振動子を得る方法としては、第1図、第2図の構造の圧電薄膜振動子が公知である。この圧電薄膜振動子はシリコン基板22の上に新たに

(2)

シリコン薄膜23と絶縁体の薄膜24を形成した後、エッチングによってシリコン基板22に空孔21を形成し、さらに絶縁体薄膜24の上に順に下地電極26、圧電薄膜25、上部電極27を形成することによって製造するもので、一般に非圧電性である薄膜部材23, 24と圧電薄膜25とからなる複合ダイアフラムが周縁部を基板22によって支持された構造となっている。

圧電板だけからなる圧電振動子ではすでに実験的にも理論的にも詳しく調べられており、インハーモニック・オーバーートン・モードがスプリアスとして励振されないような電極寸法もよく知られている。しかし、従来圧電薄膜を利用した複合振動子においては、圧電板だけからなる圧電振動子についての理論や実験から類推するばかりはなく、その類推が正しいかどうかは確かめられていなかった。

圧電薄膜複合振動子において発振器やフィルタへの応用面から電極寸法はできるだけ大きくすることが必要であるが、電極寸法を増大するとスプ

(3)

部位上の上部電極は円形であり、その直径を $L$ とし、 $ZnO$ 薄膜とシリコン・ダイアフラムとの厚さの比 $T_2/T_1$ を $X$ 、全体の厚さと円形電極の直径の比 $L/T$ を $Y$ と置き換えたときに $X$ と $Y$ が次式

$$Y \leq 10X^2 - 20X + 8.2 \quad (\text{ただし } 0 < X \leq 0.7)$$

$$Y \leq 10.3X + 4.4 \quad (\text{ただし } 0.7 < X < 3.0)$$

で表わされる関係を有していることを特徴とする圧電薄膜複合振動子である。

次に本発明について詳細に説明する。

(実施例)

第1, 第2図は本発明の振動子の振動部位の基本構造を示している。第1, 第2図において、22は表面が(100)面であるようなシリコン基板、21はエッチングによって基板に作製した空孔、23はホウ素を高濃度にドーブしたシリコン薄膜である。24は温度補償のために設けられた薄い $SiO_2$ 薄膜、26は下地電極、25は $ZnO$ 圧電薄膜、27は上部円形電極である。

第1, 第2図のような複合振動子に対して一例として、以下 $ZnO$ 薄膜25とシリコン薄膜23の

(5)

特開昭60-142607(2)

リアスが励振されるようになり、特性が悪くなる。よってスプリアスが励振されずできるだけ大きな電極寸法をもつ振動子が実現できれば、非常に実用上大きな効果をもたらす。

(発明の目的)

本発明は上記のような複合振動子において、インハーモニック・オーバーートンがスプリアスとして励振されない最大電極寸法をもち、かつ振動成分が電極近傍にだけ存在することができるシリコン・ダイアフラムと圧電薄膜の厚さの比をもち、良好な厚み縦振動特性をもつ複合振動子を実現することを目的としている。

(発明の構成)

本発明はシリコン・ダイアフラムの薄層上の厚み方向に絶縁薄膜、下部電極、 $ZnO$ 薄膜、上部電極の順に積層された多層構造の振動部位を有し、周縁部をシリコン基板によって支持された厚み振動圧電振動子において $ZnO$ 薄膜の厚さを $T_1$ 、シリコン・ダイアフラムの薄層部の厚さを $T_2$ 、多層構造の振動部位全体の厚さを $T$ とし、さらに前記振動

(4)

厚さの比が1の場合について説明する。

$ZnO$ 薄膜25の厚さを $T_1$ 、シリコン薄膜の厚さを $T_2$ 、上部円形電極の直径を $L$ 、複合構造部位の全厚を $T$ とする。複合振動子において全面電極の場合の共振周波数を $f_r^0$ 、反共振周波数 $f_a^0$ 、電極直径が $L$ のときの共振周波数を $f_r$ とする。また複合板の圧電反作用に帰因し実効電気機械結合係数 $R_1^0$ に依存する周波数低下量を

$$\Delta = 1 - \frac{1}{2} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{16}{\pi^2} R_1^0} \right)$$

とする。この時、この複合振動子の基本厚み縦振動の共振特性を第3図に示す。第3図は電極直径 $L$ を変化させたときの振動子の規格化された共振周波数の変化を示したものである。第3図において、 $\frac{L}{T} \sqrt{\Delta} \approx 1.9$ では $0 \leq \phi \leq$ の領域には共振周波数は1点(○印をつけたI点)しかなく、その場合の振動子の表面の変位 $U_z$ は振動部位中心から端の方へ第4図に示したようになり、基本モードだけが電極近傍に閉じ込められ、スプリアスは生じない。一方、 $\frac{L}{T} \sqrt{\Delta} \approx 2.2$ では、 $0 \leq \phi \leq 1$ の領域に共振周波数が2点(□印をつけたJ点)あり、そ

(6)

の場合の2点での振動子の表面の変位 $u$ は振動部位中心から端の方へ、第5図(a)、第5図(b)に示されたようになり、基本モードだけでなく、第5図(b)に示されたような2次のインハーモニック・オーバー・トーンも電極近傍に閉じ込められ、スプリアスとなる。

一般に第3図においてわかるように、 $\frac{L}{T}\sqrt{\Delta}$ の値が大きくなるとインハーモニック・オーバー・トーンが $0 \leq \varphi \leq 1$ の領域に入り、その場合、スプリアスとして励振される。第3図における破線は圧電板だけからなる円形電極をもつ振動子について示したものであり、実線は円形電極をもつ複合振動子の場合を示している。第3図からわかるように同じ $\frac{L}{T}\sqrt{\Delta}$ の値に対しても圧電板だけの場合と複合振動子の場合とで共振周波数が異なり、圧電振動子の結果から複合振動子の場合を予想することはできない。

第3図からわかるように、ある $\frac{L}{T}\sqrt{\Delta}$ の値以下では $0 \leq \varphi \leq 1$ の領域にインハーモニック・オーバー・トーンが存在しなくなるので、その時の値 $\frac{L}{T}\sqrt{\Delta}$

(7)

(11)式で表わされる領域に関する具体的な一例として、ZnOの膜厚 $T_1=3.88\mu\text{m}$ 、Siの膜厚 $T_2=3.80\mu\text{m}$ の複合振動子の特性について述べると、 $\frac{L}{T}$ の値が16 ( $L=125\mu\text{m}$ )の場合を試作した結果、スプリアスが生じない共振特性が得られた。

なお本発明に係る振動子の製造方法の概略は次のとおりである。

表面にボロンドープされたシリコン基板の両面に $\text{Si}_3\text{N}_4$ 保護膜CVDをつけ、フォトレジストで異方性エッチングしない部分をおおひ。プラズマエッチングによってレジストがない部分の $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜を除去し、その後エチレンジアミン-ピロカテコール水の異方性エッチング液でエッチングする。その後リン酸で残りの $\text{Si}_3\text{N}_4$ 膜を除去し、表面に $\text{Au}/\text{T}$ 電極を蒸着でつけ、その上にZnO膜をスパッタでつける。その後、 $\text{Al}$ 電極をリフトオフ(リフトオフ)でZnO上につける。

また前述の式はスプリアスの発生しない最大電極寸法の条件であるが、 $Y < 10X^2 - 20X + 8.2$  ( $0 < X \leq 0.7$ )又は $Y < 10.3X + 4.4$  ( $0.7 < X < 3.0$ )の範囲でも

(9)

特開昭60-142607(3)

になるような電極寸法にすれば、発振器及びフィルタ等にも使用してもスプリアスが生じない特性が得られることになる。

第6図にZnO薄膜とシリコン薄膜の厚さの比 $T_2/T_1$ に対する $\frac{L}{T}$ の値を示す。第6図から、スプリアスが生じない最大電極寸法となる時の $L_0/T$ の値は $L_0/T=Y$ 、 $T_2/T_1=X$ とするとほぼ次式で近似できることが明らかである。

即ち、 $Y=10X^2-20X+8.2$  (ただし $0 < X \leq 0.7$ )

$Y=10.3X+4.4$  (ただし $0 < X < 3.0$ )

また、 $T_2/T_1=3.0$ の場合において、 $\frac{L}{T}=20.0$ の場合、 $0 \leq \varphi \leq 1$ の領域には共振周波数は基本モード1点だけしかないけれども、その時の変位は第7図に示したようになり、振動子に励振される振動変位は電極の外側にも減衰せずに伝播する。このため、振動子を構成するダイアフラムの端の影響が無視できなくなり、良い特性が得られないことがわかる。よって、発振器及びフィルタへ応用する時には複合振動においては、 $T_2/T_1$ の値を3.0より小さくする必要がある。

(8)

Yの値がそれぞれ $10X^2-20X+8.2$ (あるいは $10.3X+4.4$ )に近い場合はスプリアスのない良好な特性が得られる。ただしYが1に近づく範囲では振動子は良好な特性が得られない。

以上述べたように本発明によればスプリアスのない良好な特性の複合振動子が得られ工業的価値も多大である。

#### 図面の簡単な説明

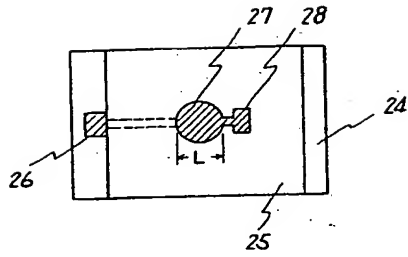
第1図、第2図はZnO/Si複合振動子の構造を示す図、第3図は振動子において電極寸法を変化した時の共振周波数の変化を示す図、第4図、第5図、第7図は振動子の表面における変位 $u$ の大きさを示す図、第6図はZnO薄膜とSi薄膜の比 $T_2/T_1$ に対するスプリアスが生じない最大電極寸法 $L$ と振動子の厚さ $T$ の比 $L_0/T$ の値を示す図である。

以上の図において22はシリコン基板、23はシリコン薄膜、24は $\text{SiO}_2$ 薄膜、25はZnO薄膜、26、27、28は電極、21は空孔を示している。

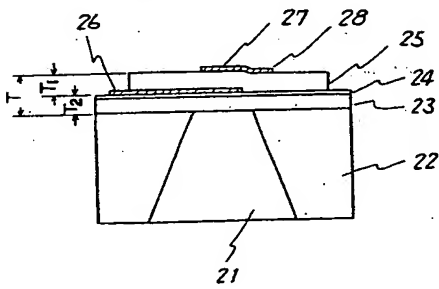
(10) 代理人 弁護士 内原 晋

特開昭60-142607(4)

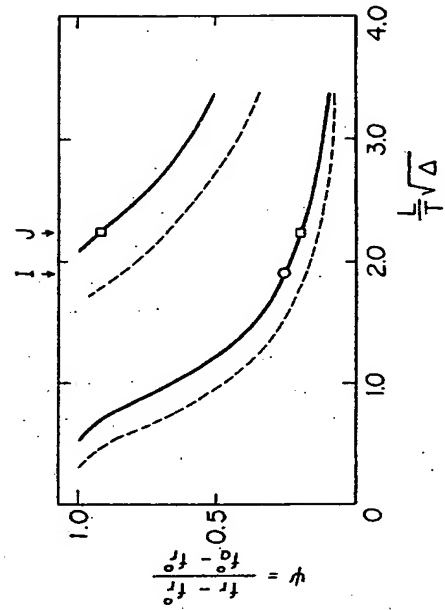
第 1 図



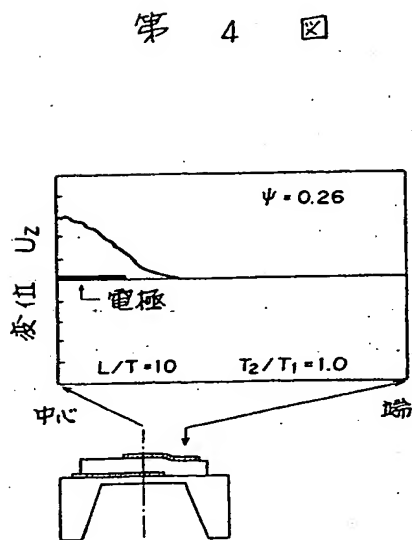
第 2 図



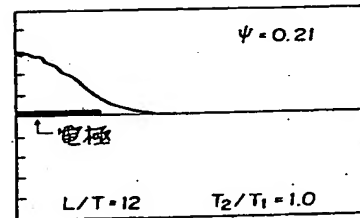
第 3 図



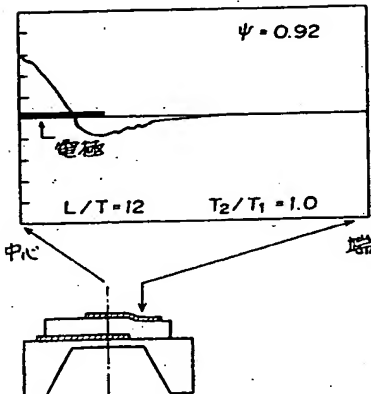
第 5 図



(a)

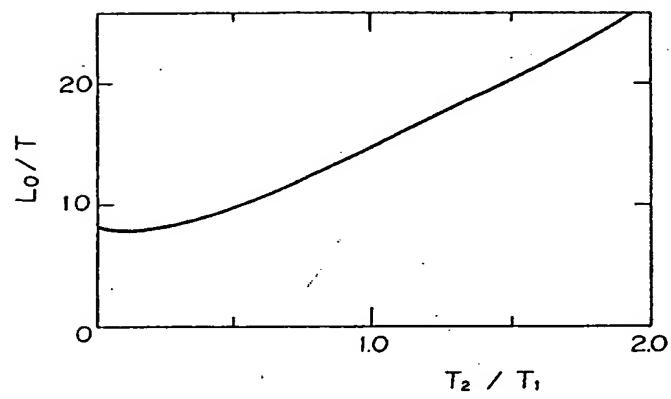


(b)



特開昭60-142607(5)

第 6 図



第 7 図

